

Krzysztof TANHENBERG

## SPRZĘTOWY GENERATOR KRZYWYCH STOŻKOWYCH

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono sprzętowy generator krzywych drugiego stopnia, zbudowany na mnożących przetwornikach cyfrowo-analogowych. Omówiono korzyści płynące z jego stosowania w grafoskopach. Podano wyniki (w postaci zdjęć obrazów) otrzymane na grafoskopie współpracującym z maszyną cyfrową ODRA 1305.

### 1. WSTĘP

Od kilku lat w maszynach cyfrowych daje się zauważyć tendencje do przekazywania coraz więcej funkcji sprzętowi. Źródłem takiego kierunku zmian upatrywać należy w dwóch faktach:

- rozwiązania sprzętowe są szybsze,
- rozwój technologii podzespołów elektronicznych doprowadził do wzrostu niezawodności i potaniaenia produkcji tych podzespołów.

Ta ogólna tendencja nie ominęła urządzeń we/wy maszyn cyfrowych, w tym także grafoskopów (monitorów graficznych) [1], [3]. W przypadku grafoskopów polega to na zastępowaniu programowych generatorów krzywych generatorami sprzętowymi.

Uzyskanie złudzenia ruchu (dynamiki) na ekranie grafoskopu wymaga, by kolejne fazy ruchu (kolejne obrazy) były wyświetlane w odstępie nie większym niż 20-40 ms. Programowe obliczenie wszystkich danych do średnio skomplikowanego obrazu, w tak krótkim czasie jest trudne lub niemożliwe. Przykładowo, grafoskop IBM 2250, współpracujący z komputerem IBM 1130, zapewnia dynamikę obrazu złożonego z nie więcej niż kilkudziesięciu elementów [2].

Zastosowanie sprzętowych generatorów krzywych zmniejsza ilość danych potrzebnych do zdefiniowania obrazu i przez to skraca czas ich obliczania. Nie bez znaczenia są także inne dodatkowe korzyści stąd wynikające [5], [6]:

- zmniejszenie ilości danych pociąga za sobą skrócenie czasu potrzebnego do wykreślenia obrazu,
- zmniejsza się liczba elementów (krzywych) tworzących obraz, przez co ułatwione są manipulacje obrazem (np. obroty, skalowanie, przesunięcie),

- w przypadku pracy zdalnej mniejsza ilość danych zmniejsza obciążenie linii,
- kontury (linie krzywe) otrzymane na ekranie są znacznie gładsze, co jest szczególnie zauważalne np. przy bardzo małych okręgach (dotyczy generatorów analogowych).

Znane są dwie zasadnicze grupy sprzętowych generatorów krzywych: generatory cyfrowe i generatory analogowe. W artykule omówiony jest analogowy generator krzywych drugiego stopnia, przeznaczony do pracy w grafoskopach z lampą oscyloskopową.

## 2. PODSTAWY TEORETYCZNE

Zaprojektowany i wykonany generator generuje cztery rodzaje krzywych: wektor, okrąg (i łuk kołowy), parabolę, elipsę (i łuk eliptyczny). Przy wyborze równań definiujących krzywe kierowano się następującymi kryteriami:

- równania powinny mieć łatwą realizację sprzętową,
- realizacja sprzętowa winna zapewniać dokładność 0.1% - 0.2%,
- czas wykreślenia dowolnej krzywej  $\tau_w < 100 \mu s$ .

Po uwzględnieniu powyższych kryteriów zdecydowano się na równania parametryczne:

- dla wektorów

$$X = X_A(1 - \alpha) + X_B\alpha \quad (1)$$

$$Y = Y_A(1 - \alpha) + Y_B\alpha$$

- dla okręgów i łuków kołowych

$$X = R \sin\phi + X_0 \quad (2)$$

$$Y = R \cos\phi + Y_0$$

- dla elips i łuków eliptycznych

$$X = A \sin\phi + X_0 \quad (3)$$

$$Y = B \cos\phi + Y_0$$

- dla łuków parabolicznych

$$X = (X_B - X_A)\alpha + X_A$$

$$Y = (X_B - X_A)\alpha \left[ C\alpha(X_B - X_A) + Y'_A \right] + Y_A \quad (4)$$

gdzie:

$X, Y$  - współrzędne bieżące punktu,

$X_A, Y_A$  - współrzędne początkowe,

$X_B, Y_B$  - współrzędne końcowe,

$\alpha$  - parametr zmieniający się od 0 do 1,

$\phi$  - parametr zmieniający się od 0 do  $2\pi$ ,

$R$  - promień okręgu,

$X_0, Y_0$  - współrzędne środka okręgu (elipsy),

$\left(\frac{dY}{dX}\right)_{X=X_A} = Y'_A$  - pochodna w punkcie  $X_A, Y_A$ ,

$C$  - współczynnik przy  $x^2$  w równaniu paraboli  $y = Cx^2 + Dx + E$ ,

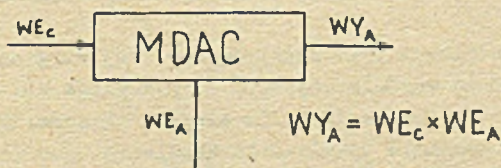
$A, B$  - półosie elipsy.

Zmiana wartości parametru  $\alpha$  od 0 do 1 powoduje wykreślenie wektora (wg równania (1)) lub paraboli (wg równania (4)), a zmiana wartości parametru  $\phi$  od 0 do  $2\pi$  powoduje wykreślenie okręgu (wg równania (2)) lub elipsy (wg równania (4)).

Łuki kołowe i łuki eliptyczne (niepełny okrąg i niepełną elipsę) otrzymuje się przez wygaszanie w odpowiednich momentach plamki (modulacja  $Z$ ) na ekranie grafoskopu.

Cechą charakterystyczną równań (1) - (4) jest występowanie w nich jedynie mnożenia i dodawania. Przy czym zawsze jeden z czynników mnożenia jest sygnałem analogowym ( $\alpha, 1-\alpha$ ), a drugi sygnałem cyfrowym ( $X_A, X_B, X_0, Y_A$  itd.). Prowadzi to do zastosowania w tym celu mnożących przetworników cyfrowo-analogowych (MDAC - multiplying digital to analog convertor).

Sumowania sygnałów (zawsze analogowych) wykonywane są na wzmacniaczach operacyjnych.



Rys. 1. Funkcja realizowana przez MDAC

### 3. WSPÓŁPRACA GRAFOSKOPU Z KOMPUTEREM

Grafoskop współpracuje z maszyną cyfrową ODRA 1305. Dane cyfrowe (definiujące obraz) przekazywane są do grafoskopu z pamięci taśmowej PT-3. Do całkowitego zdefiniowania elementu obrazu (krzywej), niezależnie od jego rodzaju, potrzebne są trzy słowa maszynowe, tj. 72 bity. W celu uniknięcia migotania obrazu cały opis obrazu musi być przesłany do grafoskopu

w czasie  $T_{FO.025}$  sek (co odpowiada częstotliwości powielania obrazu  $f_p = 40$  Hz), a więc nie może zajmować więcej pamięci niż 765 słów 24-bitowych (wynika to z szybkości odczytu w PT-3). Przy kreśleniu dowolnego elementu poza danymi cyfrowymi występującymi we wzorach (1) do (4) należy podać także: poziom jasności (5 bitów) i kod elementu (3 bity).

Urządzeniem wyjściowym grafoskopu jest monitor HP 1304 o wymiarach ekranu 30 cm x 25 cm i rozdzielczości około 1000 punktów x 800 punktów. Czas kreślenia dowolnego elementu obrazu jest stały i nie zależy od jego wielkości i kształtu (np. wektor bardzo krótki jest wykreślany w takim samym czasie jak wektor najdłuższy). Z tego powodu jednym z parametrów jest poziom jasności (oszacowany w maszynie cyfrowej), co pozwala na korekcję jasności sygnałem modulacji  $Z$ .

Wszystkie pozostałe parametry elementu obrazu mogą przyjmować wartości: od  $-512$  do  $+511$  (9 bitów + znak) lub 0 do 1023 (10 bitów). Obraz na ekranie wykreślany jest tak długo, jak długo trwa przesyłanie danych z PT-3 do grafoskopu.

Bardziej szczegółowe rozwinięcie przyjętych zasad współpracy grafoskopu z maszyną cyfrową i ich uzasadnienie znaleźć można w [6].

#### 4. ZASADA DZIAŁANIA GENERATORA

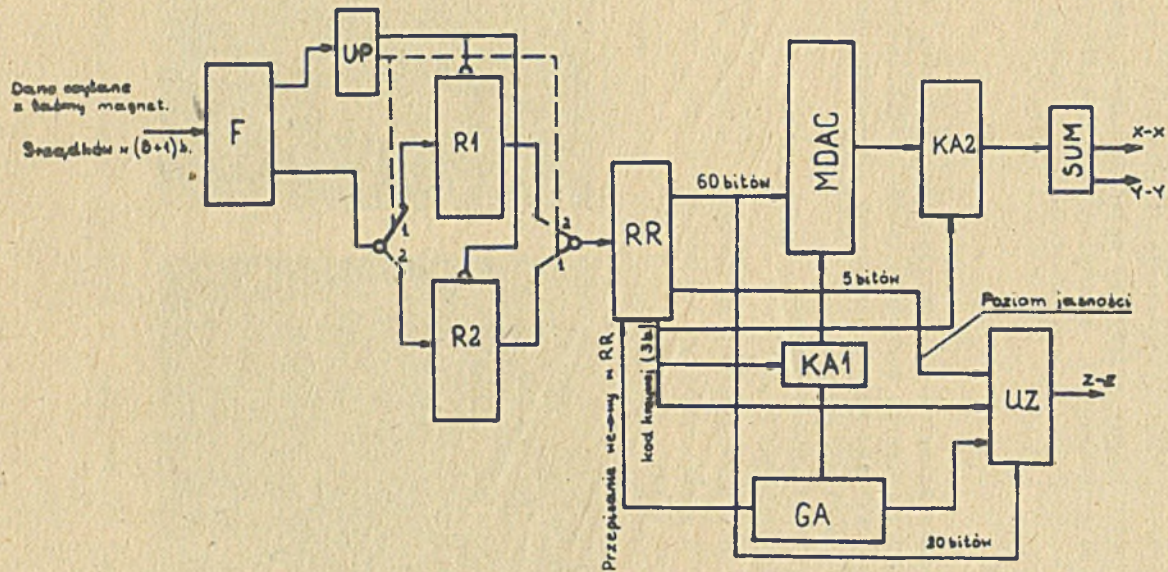
Uproszczony schemat blokowy generatora przedstawiony jest na rys. 2. Dane zapisane na taśmie magnetycznej w rzędkach 9-bitowych (8 bitów informacyjnych + 1 bit kontroli nieparzystości), po uformowaniu w układzie formującym  $F$ , są przekazywane na przemian do dwóch rejestrów szeregowych  $R1$  i  $R2$ .

Przełączenie zapisu z rejestru  $R1$  na  $R2$  i odwrotnie sterowane jest układem przełączającym  $UP$  i następuje po każdym dziewięciu rzędkach (po każdym 72 bitach).

Informacja z nieruchomego (nie zapisywanego) rejestru szeregowego ( $R1$  lub  $R2$ ) podawana jest na wejścia rejestru równoległego  $RR$ . Przepisanie informacji z wejścia  $RR$  na jego wyjście (a więc do układów:  $MDAC$ ,  $KA1$ ,  $UZ$ ,  $GA$ ,  $KA2$ ) następuje w momencie zakończenia kreślenia poprzedniego elementu obrazu i jest wymuszone przez sygnał z generatora sygnałów analogowych  $GA$ .

Układ mnożących przetworników cyfrowo-analogowych  $MDAC$  realizuje wszystkie operacje mnożenia występujące we wzorach podanych w rozdziale 2. Sumy występujące w tych wzorach realizowane są w układzie sumatorów analogowych  $SUM$ .

W zależności od 3-bitowego kodu krzywej (podawanego na układy kluczy analogowych  $KA1$  i  $KA2$ ) na wejścia analogowe poszczególnych mnożących przetworników cyfrowo-analogowych (w układzie  $MDAC$ ) wchodzi odpowiednie sygnały analogowe ( $\sin \phi$ ,  $\cos \phi$ ,  $\alpha$ ,  $1-\alpha$ ,  $1$ ). Źródłem sygnałów analogowych



Rys. 2. Uproszczony schemat blokowy generatora

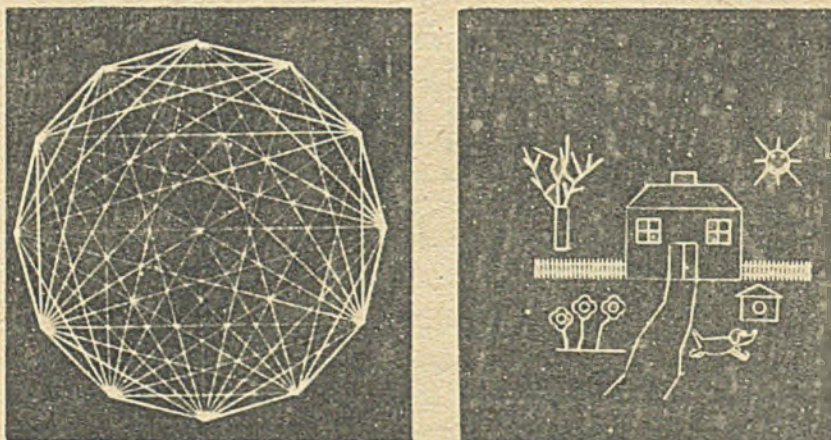
jest generator sygnałów GA. Kod krzywej decyduje także (poprzez oddziaływanie na KA2) o strukturze układu sumatorów analogowych SUM 1 o wyborze sygnałów określających sposób modulacji jasności Z. To ostatnie możliwe jest przez podanie kodu krzywej na układ modulacji jasności UZ. Kompensacja zmian samej jasności Z zapewniona jest 5 bitowym sygnałem jasności.

## 5. WYNIKI

Zastosowanie sprzętowego generatora krzywych oraz przedstawionego w [6] algorytmu mieszanego kodowania konturów dało następujące korzyści:

- zmniejszyło kilkakrotnie ilość danych potrzebnych do opisanie obrazu,
- zwiększyło szybkość kreślenia,
- zwiększyło "pojemność" ekranu,
- polepszyło gładkość rysunku.

Na rysunku 3 przedstawione są fotografie obrazów otrzymanych na grafoskopie. Są to obrazy statyczne (a nie dynamiczne), bo tylko takie można w artykule zamieścić.



Rys. 3. Przykłady obrazów otrzymanych na grafoskopie

## LITERATURA

- [1] MARTIN J.: Dialog człowieka z maszyną cyfrową. WNT. Warszawa, 1976.
- [2] MOKRZYCKI W.: Analiza cyfrowych metod generacji układowej krzywych drugiego stopnia. Rozprawa doktorska, Gliwice 1978.
- [3] NEWMAN W.M., SPROULD R.F.: Principles of Interactive Computer Graphics, McGraw-Hill, 1979 (second edition).

- [4] Praca zbiorowa: Grafoskopy w systemach komputerowych. WNT. Warszawa 1980.
- [5] TANNENBERG K.: Generator krzywych, zwłaszcza generator łuków parabolicznych. Patent PRL nr P-201251.
- [6] TANNENBERG K.: Grafoskop ze sprzętowym generatorem krzywych drugiego stopnia. Rozprawa doktorska. Gliwice 1980.

Wpłynęło do Redakcji: 10.03.1981 r.

W ostatecznej formie przyjęto: 15.04.1981 r.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Ferdynand Wagner

#### ГЕНЕРАТОР КРИВЫХ ВТОРОГО ПОРЯДКА

##### Р е з ю м е

В статье представлены принципы построения генератора кривых второго порядка, опираясь на множительные аналого-цифровые конвертеры. Даны теоретические и структурные схемы генератора. Представлены основные результаты, полученные на работающем вместе с цифровой вычислительной машиной ОДРА 1305 графическом дисплее.

#### THE HARDWARE CONIC CURVES GENERATOR

##### S u m m a r y

The hardware conic curves generator based on the multiplying digital to analog converter is presented. The advantage coming from its use in graphical display is pointed. The results (in the picture form) receiving from ODRA 1305 are enclosed.